УДК 504

ОСНОВНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА БОЛОТНЫХ ВОД (НА ПРИМЕРЕ ЮГО-ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ)

Н.М. Рассказов

Томский политехнический университет
E-mail: tf@igng.tsc.ru

На основе литературных материалов и оригинальных фактических данных охарактеризованы особенности химического состава болотных вод юго-восточной части Западной Сибири с привлечением сведений по другим заболоченным регионам. Выявлены дополнительные детали процесса формирования состава болотных вод в пределах вертикальных зон низинных типов болот региона. Установлена прямая зависимость содержания щелочноземельных элементов в торфяных водах и торфах.

Химический состав вод заболоченных районов формируется в геохимической обстановке, влияние которой на этот сложный процесс изучено недостаточно. Это относится, в частности, к взаимосвязи между концентрацией основных химических элементов в торфах и болотных водах. При этом рядом авторов [1–3] отмечается определённая взаимосвязь болотного минералообразования с гидрогеохимической средой. Последняя недостаточно изучена в основном в силу своей сложности, обусловленной трудностями исследования процессов обогащения болотных вод различными органическими соединениями под воздействием остатков растений, торфов, атмосферных осадков, почв, горных пород, поверхностных и подземных вод. В этом отношении информативны материалы, полученные в юго-восточной части Западной Сибири, включающий самый большой в мире заболоченный регион – Васюганье. Вопросы, затрагивающие проблему формирования состава вод его болотных массивов, освещены в ряде публикаций, появляющихся с 30-х годов прошлого столетия. Уже в ранних из них, выполненных, в частности, А.А. Бронзовым [4], подчёркивалась тесная взаимосвязь формирования типов болот и химического состава воды, т.е. тесное переплетение этих процессов. Более детально это положение охарактеризовано в публикациях С.Л. Шварцева и др. [5], Н.М. Рассказова и др. [6] и др.

Природные условия болотных районов юго-восточной части Западной Сибири достаточно раз-

нообразны, прежде всего, по климатическим факторам. Северная часть этого региона, относящаяся к центральным территориям Западно-Сибирской низменности, характеризуется типичным гумидным климатом (преобладанием осадков над испарением), плоским рельефом и замедленным стоком. Модуль поверхностного стока составляет здесь порядка 5...6 л/с·км^2.

Южные его территории, прилегающие к Западно-Сибирской железнодорожной магистрали, характеризуются аридизацией климата, уменьшением количества осадков (до 250...300 мм в год), ростом величины испарения, снижением стока до десятых долей л/с·км^2 и увеличением общей минерализации грунтовых вод. Так, в Барабинской низменности распространены солоноватые воды; для неё характерны также низинные болота, вода которых относится к разряду слабосолоноватых (до 3 г/л).

В соответствии с климатической зональностью в северных районах Васюганья развиты обширные олиготрофные, реже – мезотрофные болота. Для центральных его площадей (верхние течения правых притоков р. Васюгана и р. Иртыша, левых притоков р. Оби) весьма характерными являются типичные долинные низинные болота; распространены здесь также верховые и переходные болотные массивы.

На территориях, переходных от центральных районов Васюганья к его южным окраинам, встречаются нетипичные низинные болота, приуроченные к водораздельным участкам и имеющие пониженные значения общей минерализации воды и величин pH по сравнению с типичными эвтрофными торфяниками.

Химический состав природных вод региона, по данным С.Л. Шварцева и др. [5], Л.И. Инишевой и др. [7–9], Н.М. Рассказова [10], характеризуется рядом особенностей (табл. 1). Наблюдается тесная взаимосвязь величины pH болотных вод с их химическим составом, прежде всего с концентрацией HCO_3^-. В кислых водах олиготрофных болот нередко этот ион вообще не обнаруживается, и углерод содержится в них в виде растворённой двуокиси и органических соединений. В болотных водах региона отмечается низкое содержание свободного кислорода [3], значительно снижающее активность аэробной микрофлоры, что сдерживает окисление органических соединений, способствует их гумификации и образованию гуминовых и фульвовых кислот. Последние в максимальных концентрациях образуются в водах верховых болот, снижая их pH до 3,5. Минерализация этих вод весьма низкая (нередко первые десятки мг/л) при высоком содержании органических соединений: до 50 и более мг/л фульвокислот, много фенольных веществ, обнаружены поли- и моносахариды [5]. Характерны высокие концентрации аммония, достигающие 16 мг/л. Установлены также значительные содержания ионов железа (до 5 мг/л) и других металлов, причём особую роль играют металлоорганические комплексы, недостаточно изученные до настоящего времени, особенно если учесть наличие в этих водах большого количества органического углерода – до 150 мг/л. Отмечается зональное (по вертикали) распределение растворённых в воде газов. В самом верхнем слое воды обнаруживается кислород, причём мощность содержащего его слоя составляет менее 10 см. Большую часть разреза занимает зона азотно-метановых газов, а в нижних частях торфяных залежей она переходит в метановую.

Более минерализованы воды мезотрофных (переходного типа) болот, имеющие смешанное питание – наряду с атмосферными осадками в нём участвуют поверхностные, а на террасах также и грунтовые воды. С этим связано обогащение органической массы торфов минеральными компонентами (песчано-глинистыми и карбонатными частицами). Нередко они перекрыты верховым торфом и характеризуются по сравнению с последним более восстановительной геохимической обстановкой. Величина общей минерализации воды мезотрофных болот достигает 100 мг/л, значения pH – до 6,0...6,7; понижено содержание органических соединений: не более 80, нередко до 20 мг/л (табл. 1).

Таблица 1. *Химический состав болотных вод юго-восточной части Западной Сибири*

Показатели состава и свойств воды	Типы болотных массивов								
	Олиготрофные			Мезотрофные			Эвтрофные		
	мин.	макс.	среднее	мин.	макс.	среднее	мин.	макс.	среднее
pH	3,5	5,6	3,9..4,8	4,6	6,7	5,3	6,0	7,3	6,4...6,7
Na^+, мг/л	0,1	1,9	0,6...1,2	0,5	6,3	2,7	1,0	12,0	3,0...4,2
K^+, мг/л	0,15	2,45	0,9...1,3	0,1	9,4	8,5	0,2	10,6	4,5
Ca^{2+}, мг/л	0,5	10,0	1,9...5,2	4,6	33,0	14,7	14,0	106,0	35,0...44,0
Mg^{2+}, мг/л	0	14,4	1,0...6,3	1,2	18,8	10,0	5,2	52	17,2
NH^{4+}, мг/л	0,2	15,6	0,4...7,4	1,0	10,7	3,6	0,7	7,8	1,1...2,4
Cl^-, мг/л	3,7	39,0	5,0...29,0	3,2	28,0	11,0	5,7	32,0	6...12
SO_4^{2-}, мг/л	0	9,2	0,3...5,9	0	8,0	2,6	0,4	31,0	0,5...11,8
NO_3^-, мг/л	0	24,0 (высокий рям)	0,5...5,3	0,3	1,1	0,7	0,9	3,0	1,5...2,0
HCO_3^-, мг/л	0	24,0	3,5...12,0	2,6	55,0	23,2	36,6	230,0	98,0...209,0
Перманганатная окисляемость, мг O_2/л	60,0	114,0	106,0	18,0	75,6	58,0	6,0	85,6	27,2
Фульвокислоты, мг/л	15,6	85,8	45,8...60,9	13,6	56,7	33,5	13,6	36,6	25,3
Гуминовые кислоты, мг/л	2,4	13,8	10,1	3,0	16,2	8,6	3,0	11,6	7,1
Минерализация, мг/л	17,2	41,7	24,6...27,0	36,0	98,1	79,0	52,3	483,0	162,0...274,0

Значительно отличаются от олиготрофных и мезотрофных болот по условиям питания и составу воды низинные торфяные массивы региона. Приурочены они в основном к его южной и центральной частям. Эвтрофный торф залегает на подстилающих рыхлых отложениях и получает преимущественное питание за счёт поверхностных и подземных вод. Исключением являются нетипичные низинные залежи, развитые на водоразделах на юге характеризуемой территории, имеющие некоторые отличия в составе воды.

Типичные для региона эвтрофные массивы характеризуются повышенной общей минерализацией воды – от первых сотен до 500 мг/л, гидрокарбонатно-кальциевым её составом и близкой к нейтральной средой (табл. 1). Содержание в воде органических соединений в них несколько снижено по сравнению с верховыми и переходными залежами (менее 100 мг/л). Отмечается значительная концентрация ионов Fe, Mn и некоторых других металлов. Внутри этой (низинной) группы болот отмечается дифференциация по величине общей минерализации, связанная с их геоморфологическим положением. Более минерализованы воды пойменных торфяников, обогащённые также Fe, Mn, Ba, Zn, Ni и другими элементами. Террасовые низинные болота имеют более низкую минерализацию воды (0,2...0,3 г/л) и слабокислую среду. В них отмечаются превышение в составе газов азота над метаном, своеобразный состав микроорганизмов и менее восстановительная среда. Ещё меньшая минерализация воды характерна для водораздельных низинных болот [10].

Различия в климатических условиях и генетические особенности торфяников отражаются также на величинах окислительно-восстановительных потенциалов. Об этом, в частности, свидетельствуют данные за тёплые периоды 1998–2001 гг. о значениях Eh (табл. 2), полученные на площади торфяных массивов в Васюганье [9]. Было установлено, что наиболее восстановительная среда характерна для нижнего торфяного слоя в разрезе высокого ряма.

Сравнение концентраций компонентов в торфах (рисунок) и торфяных водах (табл. 1), прежде всего ионов кальция и натрия свидетельствует об их наиболее интенсивном накоплении в низинных массивах как в торфяной массе, так и в жидкой фазе. Такое совпадение не является случайным и связано в основном с благоприятной для привноса этих элементов водной фазой и последующим их накоплением в растениях и торфах.

Таблица 2. *Характер изменения окислительно-восстановительного потенциала (Eh, мВ) в вертикальном разрезе торфяных залежей*

Биоценозы	Верхний слой (0...50 см)	Нижний слой (50...100 см)
Осоково-сфагновая топь	от 176 до 622	от 556 до −78
Низкий рям	от 463 до 700	от 608 до −40
Высокий рям	от 229 до 585	от 152 до −224

По данным Л.И. Инишевой и др. [9], в торфяных залежах выделяются две этажно расположенные зоны. Верхняя из них небольшой мощности (до 50 см), характеризуется повышенной проницаемостью, окислительной и переходной геохимическими средами. Нижняя более мощная зона (инертный слой) имеет меньшую проницаемость, что обусловливает развитие в ней восстановительной обстановки. Эти зоны гидравлически взаимосвязаны, но интенсивность водообмена в них различна, поскольку скорость перемещения воды в инертном слое значительно меньше. Поэтому основной сток (снеговой и дождевой) происходит по верхнему слою. Здесь отмечается также наиболее интенсивная миграция химических элементов и соединений. Граница между характеризуемыми вертикальными зонами является условной. Мощность верхней зоны определяется положением среднемноголетнего низкого уровня болотных вод и нередко имеет нулевое значение (при половодьях и паводках) при максимальном стоке воды. Начало этого стока определяется подъёмом уровня воды из нижней (инертной) зоны в более проницаемую – верхнюю.

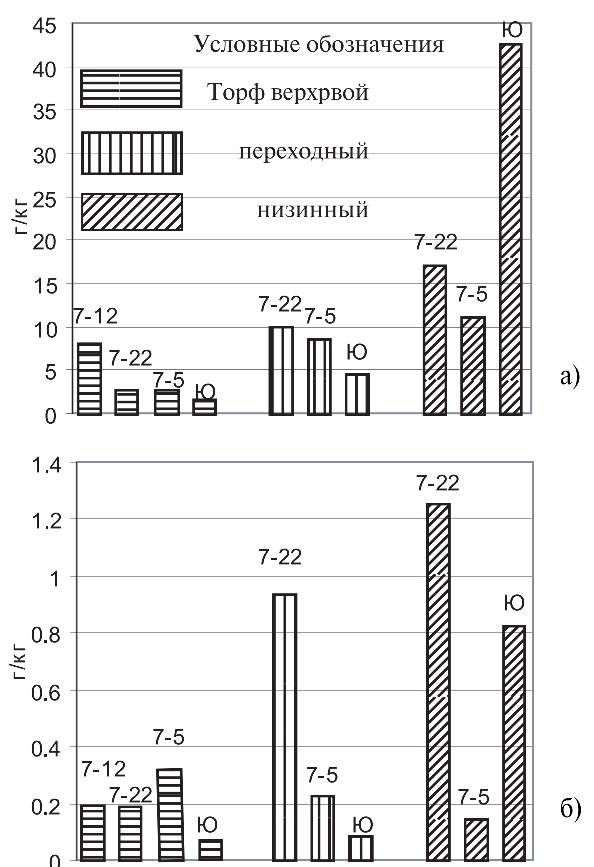


Рисунок. *Содержание кальция (а) и натрия (б) в торфах Васюганского массива. 7-5, 7-12, 7-22 – номера участков и пунктов опробования: 7 – участок № 7; 5, 12, 22 – пункты опробования. Ю – участок «Югинский»*

Особенности формирования химического состава болотных вод в характеризуемом регионе определяются сочетанием ряда природных и антропогенных факторов. Среди первых следует от-

метить наличие районов как с типичным гумидным климатом, так и переходных к аридному (в зоне, прилегающей к территории вблизи транссибирской магистрали). Своеобразны также геоморфологические условия региона, обусловливающие наличие понижений в рельефе на обширных плоских водоразделах, затрудняющих сток с территории. Кроме этих факторов, внешних по отношению к торфяным массивам, следует отметить охарактеризованное выше двухзональное строение торфяников, создающее различные условия формирования химического состава болотных вод непосредственно в самих залежах.

Всё возрастающее влияние оказывают, к сожалению, антропогенные факторы, прежде всего нефте- и газодобыча, а также несгоревшее топливо и продукты его неполного сгорания падающих в районе ступеней ракет. Они оказывают региональное загрязнение и вносят существенные изменения в болотную среду.

Сравнение концентраций компонентов в торфяных водах (табл. 1) и торфах (рисунок) различных генетических типов залежей свидетельствует об их определённой взаимосвязи. Так, например, наибольшие содержания кальция и натрия установлены в низинных торфах [11], как и выявленные их повышенные концентрации в болотных водах низинных торфяных массивов (табл. 1).

Заключение

Анализ данных, характеризующих химический состав вод различных генетических типов болотных массивов, в том числе распространённых в юго-восточных районах Западной Сибири, свидетельствует о закономерной взаимосвязи этого состава с условиями водного питания болот и интенсивностью водообмена на площадях их развития. Особенно наглядно последнее условие проявляется в развитии типов болотных вод и торфов в различных по климатическим условиям ландшафтных зонах юго-восточной части Западной Сибири. Показательно в этом отношении формирование низинных болот, содержащих воды повышенной минерализации, на водораздельных участках в южной части Васюганья.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Нейштадт М.И. Торфяные запасы Азиатской части СССР // Труды Центральной торфяной опытной станции. – М., 1938. – Т. 4. – С. 1–79.
2. Лукашев К.И., Ковалёв В.А., Жуховицкая А.Л. и др. Геохимия озёрно-болотного литогенеза. – Минск: Наука и техника, 1971. – 280 с.
3. Шварцев С.Л. Гидрогеохимия зоны гипергенеза. – М.: Недра, 1998. – 367 с.
4. Бронзов А.Я. Типовые болота на южной окраине Западно-Сибирской равнинной тайги // Почвоведение. – 1936. – № 2. – С. 224–245.
5. Шварцев С.Л., Рассказов Н.М., Сидоренко Т.М., Здвижков М.А. Геохимия природных вод района Большого Васюганского болота // Большое Васюганское болото. Современное состояние и процессы развития / Под ред. М.В. Кабанова. – Томск: Изд-во Ин-та оптики атмосферы СО РАН, 2002. – С. 139–149.
6. Рассказов Н.М., Удодов П.А., Емельянова Т.Я. и др. Основные гидрогеологические и гидрогеохимические особенности торфяных месторождений центральной части Обь-Иртышского междуречья // Подземные воды Сибири и Дальнего Востока / Под ред. Е.В. Пиннекера. – М.: Недра, 1971. – С. 229–232.
7. Инишева Л.И. Условия формирования и геохимия болотных вод // Болота и биосфера: Материалы II научной школы. – Томск: Изд-во ТГПУ, 2003. – С. 38–49.
8. Инишева Л.И., Дементьева Т.В., Белова Е.В. и др. Большое Васюганское болото: результаты комплексных исследований торфоболотной системы // Большое Васюганское болото. Современное состояние и процессы развития / Под ред. М.В. Кабанова. – Томск: Изд-во Ин-та оптики атмосферы СО РАН, 2002. – С. 165–168.
9. Васюганское болото (природные условия, структура и функционирование) / 2-е изд., под ред. Л.И. Инишевой. – Томск: ЦНТИ, 2003. – 212 с.
10. Рассказов Н.М. Природные условия формирования и химический состав воды водораздельных низинных болот Васюганья (Томская область) // Болота и биосфера: Материалы II научной школы. – Томск: Изд-во ТГПУ, 2003. – С. 62–64.
11. Бернатонис В.К., Архипов В.С., Здвижков М.А. и др. Геохимия растений и торфов Большого Васюганского болота // Большое Васюганское болото. Современное состояние и процессы развития / Под ред. М.В. Кабанова. – Томск: Изд-во Ин-та оптики атмосферы СО РАН, 2002. – С. 204–215.